

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/086011 A1(51) 国際特許分類⁷: G01N 21/35

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003634

(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 18 日 (18.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-082466 2003 年 3 月 25 日 (25.03.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人理化学研究所 (RIKEN) [JP/JP]; 〒3510198 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 Saitama (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渡部 裕輝 (WATANABE, Yuki) [JP/JP]; 〒3510198 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 独立行政法人理化学研究所内 Saitama (JP). 川瀬 晃道 (KAWASE, Kodo) [JP/JP]; 〒3510198

埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 独立行政法人理化学研究所内 Saitama (JP). 碓 智文 (IKARI, Tomofumi) [—/JP]; 〒3510198 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 独立行政法人理化学研究所内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 堀田 実 (HOTTA, Minoru); 〒1080014 東京都港区芝五丁目 2 番 20 号 建築会館 4 階 アサ国際特許事務所 Tokyo (JP).

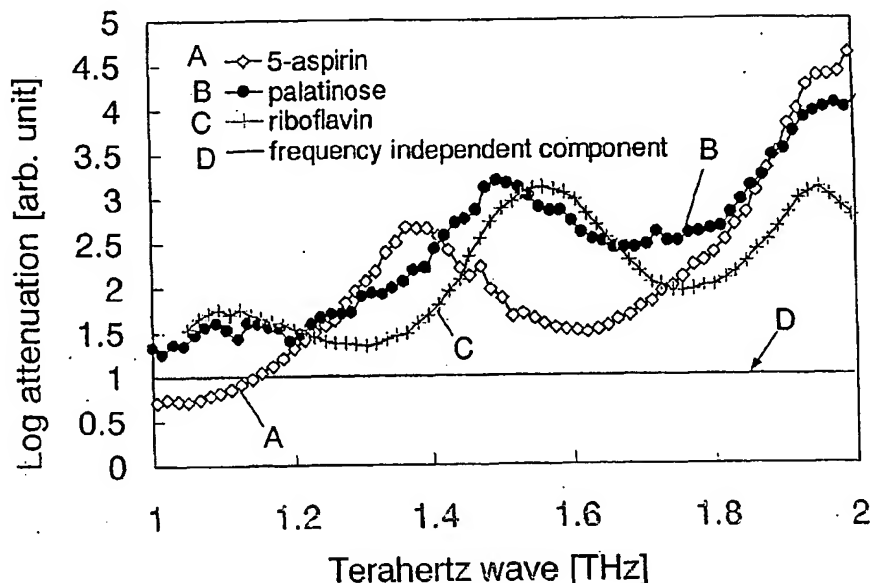
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

[続乗有])

(54) Title: METHOD AND EQUIPMENT FOR JUDGING TARGET BY TERA HELTZ WAVE SPECTROMETRY

(54) 発明の名称: テラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法及び装置



(57) Abstract: A method for judging existence of an objective component from the spectrum [S] of absorbance S of a target and the spectrum [I] of absorbance I of an object, comprising a spectrometric step for previously measuring the spectrum [S] of absorbance S of the target for a plurality of different wavelengths in a tera hertz region of about 1-3 THz, and a spectrometric step for measuring the absorbance I of an object by irradiating the object with a tera Hertz wave of each wavelength.

[続乗有])

WO 2004/086011 A1

BEST AVAILABLE COPY



SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 約1~3THzのテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長に対するターゲットの吸光度Sのスペクトル[S]を予め計測する分光スペクトル計測ステップと、被対象物に前記各波長のテラヘルツ波を照射して、被対象物の吸光度Iを計測する被対象物分光計測ステップとを有し、吸光度Sのスペクトル[S]と被対象物の吸光度Iのスペクトル[I]から、対象物の成分の有無を判別する。

明細書

テラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法及び装置

5

発明の背景

発明の技術分野

本発明は、テラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法及び装置に関する。

関連技術の説明

- 10 周波数範囲が約 0.5 ～ 3 THz である遠赤外線あるいはサブミリ波の領域は、光波と電波の境界に位置しており、光波と電波がそれぞれの領域で発展してきたのとは対象的に、技術面及び応用面の両面で未開拓の分野として取り残されていた。しかし、無線通信におけるこの周波数帯（約 0.5 ～ 3 THz）の有効利用や超高速通信への対応、およびこの周波数帯の電磁波の特徴を生かしたイメージ
- 15 ングやトモグラフィーによる環境計測、そして生物や医学への応用など、この領域は近年ますます重要となってきた。以下、この周波数帯（約 0.5 ～ 3 THz）の遠赤外線及びサブミリ波を「テラヘルツ波」と呼ぶ。

なお、テラヘルツ波の発生手段に関しては、【特許文献 1】【特許文献 2】等

20 25 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995

に開示されている。また、【非特許文献 1】【非特許文献 2】【非特許文献 3】

- 20 【非特許文献 4】はその他の関連文献である。

【非特許文献 1】

- S. Kawata, K. Sasaki, and S. Minami, "Component analysis of spatial and spectral patterns in multispectral images. I. Basis," J. Opt. Soc. Am. A4, 2101 (1987).
- 25

【非特許文献 2】

K. Sasaki, S. Kawata, and S. Minami, "Component analysis of spatial and spectral patterns in multispectral images."

I I. Entropy minimization, " J. Opt. Soc. Am. A 6, 73 (1987).

【非特許文献 3】

河田聡、南茂夫、「科学計測のための画像処理」、第 11 章カラー画像と画像
5 分光処理、CQ出版社、P 259-265

【非特許文献 4】

泉美治他、「機器分析のてびき」、第 1 章赤外線吸収スペクトル法、化学同人、
P 1-20

【特許文献 1】

10 特開 2002-72269 号公報

【特許文献 2】

特開 2003-5238 号公報

15 上述したテラヘルツ波の特徴の 1 つは、電波の物質透過性を有する最短波長域
であり、かつ光波の直進性を備えた最長波長であるという点である。すなわち、
電波のように様々な物質を透過することができ、電波帯では最も高い空間分解能
が得られ、かつ光波のようにレンズやミラーによる引き回しが可能である。

そのため、テラヘルツ波は、半導体、プラスチック、紙、ゴム、ビニル、木材、
繊維、セラミック、コンクリート、歯、骨、脂肪、乾燥食品、氷などを透過可能
20 であり、X線に代わる人体に安全なイメージング手段として期待されている。

近年、炭疽菌や薬物を郵便物として頒布する一種のテロ行為が社会問題化して
いる。これらの内在物は、従来の X 線写真では内在物の形状は判断できるがその
特性は開封しない限り判断できない。そのため、例えば粉末状の炭疽菌や薬物は
X 線写真ではなんらの異常も検出できない問題点があった。

25

発明の要約

本発明はかかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本
発明の目的は、従来の X 線写真では判断できなかった内在物の成分を、形状と共

に、開封することなく、判別することができるテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法及び装置を提供することにある。

本発明によれば、約 1 ～ 3 THz のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長に対するターゲットの吸光度 S のスペクトル $[S]$ を予め計測する分光スペクトル計測ステップと、

被対象物に前記各波長のテラヘルツ波を照射して、被対象物の吸光度 I を計測する被対象物分光計測ステップとを有し、

前記吸光度 S のスペクトル $[S]$ と被対象物の吸光度 I のスペクトル $[I]$ から、対象物の成分の有無を判別する、ことを特徴とするテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法が提供される。

本発明の好ましい実施形態によれば、前記吸光度 S のスペクトル $[S]$ と被対象物の吸光度 I のスペクトル $[I]$ から、ターゲット濃度 $[P]$ を算出する濃度算出ステップを有する。

また、前記被対象物分光計測ステップにおいて、被対象物にテラヘルツ波を二次元的に走査して透過光の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測し、前記濃度算出ステップにおいて、ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出する。

また、本発明によれば、約 1 ～ 3 THz のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長のテラヘルツ波 (4) を発生させるテラヘルツ波発生装置 (12) と、該各波長のテラヘルツ波を被対象物 (10) にそれぞれ二次元的に走査する二次元走査装置 (18) と、被対象物の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測する分光計測装置 (14) と、予め計測したターゲットの吸光度 S のスペクトル $[S]$ と前記吸光度 I の二次元分布 $[I]$ からターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出するターゲット濃度演算装置 (16) とを備えた、ことを特徴とするテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別装置が提供される。

上記本発明の方法及び装置によれば、テラヘルツ波発生装置 (12) により複数の異なる波長のテラヘルツ波 (4) を発生させ、二次元走査装置 (18) により波長のテラヘルツ波を被対象物 (10) にそれぞれ二次元的に走査し、分光計測装置 (14) により被対象物の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測し、ターゲット濃度演算装置 (16) により予め計測したターゲットの吸光度 S のスペクトル

ル [S] と前記吸光度 I の二次元分布 [I] から画像分光によりターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を算出することができる。

従って、テラヘルツ波の吸収に波長依存性のあるターゲットが含まれた郵便物等を被対象物とすることにより、内在物の成分を開封することなく判別することができ、従来の X 線写真では判断できなかった内在物の異常性を検出することができる。

また、ターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を二次元的に画像表示する画像表示装置 (20) を備え、ターゲットの濃度 [P] を二次元的に画像表示することにより、被対象物 (10) 内に存在する波長依存性のあるターゲットの形状をその分布と共に二次元的に画像表示することができる。

ターゲットの個数 M に対して、M 以上の N 種の異なる波長のテラヘルツ波を使用し、N=M の場合、式 $[P] = [S]^{-1} [I]$ により、ターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を算出し、N>M の場合、式 $[I] = [S] [P]$ から、最小 2 乗法によりターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を算出する。

この方法により、ターゲット数が複数ある場合でも、汎用性の高い PC 等を用いて、吸光度 I の二次元分布 [I] である画像から、画像処理により、短時間に被対象物 (10) 内に存在する波長依存性のあるターゲットの形状をその分布と共に二次元的に画像表示することができる。

本発明のその他の目的及び有利な特徴は、添付図面を参照した以下の説明から明らかになる。

図面の簡単な説明

図 1 は、テラヘルツ波の発生原理図である。

図 2 は、共振器を有するテラヘルツ波発生装置の構成図である。

図 3 は、本発明のターゲット判別装置の全体構成図である。

図 4 は、テラヘルツ波の周波数とターゲットの吸光度 S の関係図である。

図 5 は、本発明の実施例を示す被対象物の模式図である。

図 6 A ~ 図 6 I は、テラヘルツ波の周波数を変えて撮像した被対象物の透過像である。

図7A～図7Dは、図6B～図6Gの6枚の画像から求めた各物質の濃度分布図で

好ましい実施例の説明

5

以下に本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し重複した説明を省略する。

図1は、テラヘルツ波の発生原理図である。この図において、1は非線形光学結晶（例えば LiNbO_3 ）、2はポンプ波（例えばYAGレーザー光）、3は
10 アイドラー波、4はテラヘルツ波である。

ラマン活性かつ遠赤外活性を有する非線形光学結晶1にポンプ波2を一定方向に入射すると、誘導ラマン効果（又はパラメトリック相互作用）により物質の素励起波（ポラリトン）を介してアイドラー波3とテラヘルツ波4が発生する。この場合、ポンプ波2（ ω_p ）、テラヘルツ波4（ ω_T ）、アイドラー波3（ ω_i ）
15 の間には、式（1）で示すエネルギー保存則と式（2）で示す運動量保存則（位相整合条件）が成り立つ。なお、式（2）はベクトルであり、ノンコリニアな位相整合条件は、図の右上に示すように表現できる。

$$\omega_p = \omega_T + \omega_i \dots (1)$$

$$\kappa_p = \kappa_T + \kappa_i \dots (2)$$

20 このとき発生するアイドラー波3とテラヘルツ波4は空間的な広がりを持ち、その出射角度に応じてそれらの波長は連続的に変化する。このシングルパス配置におけるブロードなアイドラー波及びテラヘルツ波の発生をTPG（THz-wave Parametric Generation）と呼ぶ。

25 なお、基本的な光パラメトリック過程は、1個のポンプ光子の消滅と、1個のアイドラ光子および1個のシグナル光子の同時生成によって定義される。アイドラ光あるいはシグナル光が共振する場合、ポンプ光強度が一定のしきい値を超えるとパラメトリック発振が生じる。また、1個のポンプ光子の消滅と、1個のアイドラ光子および1個のポラリトンの同時生成が誘導ラマン散乱であり、広義のパラメトリック相互作用に含まれる。

しかし、図 1 に示したシングルパス配置のテラヘルツ波発生装置で発生したテラヘルツ波は非常に微弱であり、しかもその大部分は、非線形光学結晶中を数百 μm 進む間に吸収されてしまうという問題がある。

図 2 はこの問題を解決したテラヘルツ波発生装置の構成図である。この図に示すように、ブロードなアイドラ波 3 に対して特定方向（角度 θ ）に共振器を構成することで、特定方向のアイドラ波 3 の強度を高めることができる。この場合、共振器は高反射コーティングを施したミラー M 1 と M 2 からなり、回転ステージ 5 上にセットされ、共振器の角度を微調整することができる。また、2 枚のミラー M 1、M 2 はその半分のみを高反射コーティングを施し、残りは素通しでポンプ波 2 が通過するようになっている。なお、この図で 6 はテラヘルツ波 4 を外部に取り出すためのプリズム結合器である。

図 2 に示したテラヘルツ波発生装置において、ポンプ波の結晶への入射角 θ をある範囲（例えば $1 \sim 2^\circ$ ）で変えると、結晶中でのポンプ波とアイドラ波のなす角が変化し、テラヘルツ波とアイドラ波のなす角度も変化する。この位相整合条件の変化により、テラヘルツ波は例えば約 $140 \sim 310 \mu\text{m}$ の間で連続波長可変性を備える。

図 3 は、本発明のターゲット判別装置の全体構成図である。この図において、本発明のターゲット判別装置は、テラヘルツ波発生装置 12、分光計測装置 14、ターゲット濃度演算装置 16、二次元走査装置 18 及び画像表示装置 20 を備える。

テラヘルツ波発生装置 12 は、パラメトリック効果によってテラヘルツ波発生が可能な非線形光学結晶 1 と、非線形光学結晶 1 にポンプ光 2 を入射してアイドラ光 3 とテラヘルツ波 4 を発生させるポンプ光入射装置 11 と、発生するテラヘルツ波 4 の波長を変化させるスイッチング装置 13 とを有する。

テラヘルツ波発生装置 12 は、この例では図 2 に示したテラヘルツ波発生装置である。またこの例でスイッチング装置 13 は、非線形光学結晶 1 及びミラー M 1、M 2 を載せたステージを回転させ、ポンプ波の結晶への入射角 θ を変化させる回転ステージである。

この構成のテラヘルツ波発生装置 12 により、スイッチング装置 13（回転ス

ページ) により、約 1 ~ 3 THz のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長のテラヘルツ波 4 を発生させることができる。

図 3 において、分光計測装置 1 4 は、分割器 1 4 a、集光レンズ 1 4 b 及び分光計測器 1 5 を備える。

- 5 分割器 1 4 a は、この例ではワイヤグリッドであり、テラヘルツ波 4 を一定の比率で計測光 4 a と参照光 4 b に分割する。計測光 4 a は、反射ミラー 1 7 a、1 7 b を介して集光レンズ 1 4 b に導かれ、参照光 4 b は、反射ミラー 1 7 c を介して分光計測器 1 5 に導かれる。集光レンズ 1 4 b は、計測光 4 a を被対象物 1 0 に集光して照射し、被対象物 1 0 を透過した計測光 4 a は、分散レンズ 1 4 c により拡径され分光計測器 1 5 に導かれる。集光レンズ 1 4 b と分散レンズ 1 4 c は、例えば焦点距離 3 0 mm 前後の T P X レンズである。分光計測器 1 5 は、例えば検出素子を 2 つ内蔵する S i ボロメータである。分光計測器 1 5 の出力は、ターゲット濃度演算装置 1 6 に入力される。
- 10

- ターゲット濃度演算装置 1 6 は、例えば記憶装置を備えた P C であり、予め計測したターゲットの吸光度 S のスペクトル [S] と前記吸光度 I の二次元分布 [I] からターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を算出する。
- 15

なお、式 1 ~ 3 から明らかなように、テラヘルツ波 4 に出力変動 (ΔI) がある場合でも、出力変動 (ΔI) は参照光 4 b の利用により自動的に補償されるので、出力変動を補正して被対象物 1 0 の透過率を常に正確に求めることができる。

- 20 被対象物 1 0 が郵便物である場合、郵便物の一般的な内在物である、紙、プラスチック、繊維等はテラヘルツ波の吸収に波長依存性がなく、異なる波長に対してほぼ同一の吸収率を示すことが知られている。

- 一方、アスピリン、ビタミン等の薬物や、炭疽菌のような生体粉末は、テラヘルツ波の吸収に波長依存性を有し、異なる波長に対して異なる吸収率を示す。この理由は明らかではないが、分子構造に由来する振動周波数がテラヘルツ帯付近に存在するためと考えられている。
- 25

従って、上述したターゲット濃度演算装置 1 6 により、計測した透過率の相違からテラヘルツ波の吸収に波長依存性のあるターゲットの有無を検出し、波長依存性のあるターゲットの場合に、これを安全な装置内で開放し検査することがで

きる。

二次元走査装置 18 は、被対象物 10 を例えば $x-y$ 平面内で移動させ、被対象物 10 の表面に複数の異なる波長のテラヘルツ波 4 をそれぞれ二次元的に走査する。

- 5 画像表示装置 20 は、ターゲット濃度演算装置 16 で検出された 2 波長の透過率が相違する位置を二次元的に画像表示する。

上述したターゲット判別装置を用い、本発明の方法は、分光スペクトル計測ステップ (A)、被対象物分光計測ステップ (B) 及び濃度算出ステップ (C) からなる。

- 10 分光スペクトル計測ステップ (A) では、約 $1 \sim 3 \text{ THz}$ のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長に対するターゲットの吸光度 S のスペクトル $[S]$ を予め計測して記憶する。

- 被対象物分光計測ステップ (B) では、被対象物に前記各波長のテラヘルツ波を照射して、被対象物の吸光度 I を計測する。なお、このステップにおいて、被
15 対象物にテラヘルツ波を二次元的に走査して透過光の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測するのがよい。

- 濃度算出ステップ (C) では、前記吸光度 S のスペクトル $[S]$ と吸光度 I から、ターゲット濃度 P を算出する。なお、被対象物分光計測ステップ (B) で透過光の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測した場合には、このステップにおいて、
20 ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出する。また、算出されたターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ は、画像表示装置 20 を用いて二次元的に画像表示する。

- 図 4 は、テラヘルツ波の周波数とターゲットの吸光度 S の関係図である。この図において、横軸はテラヘルツ波の周波数 (THz)、縦軸は吸光度 (透過した
25 テラヘルツ波の強度 I を入射強度 I_0 で割った値の対数値 $\log(I/I_0)$) である。

この図に D で示すように、試料が郵便物の一般的な内在物 (紙、プラスチック、繊維等) の場合には、透過率はほぼ一定の値を示す。

これに対して、この図において、5-アスピリン (A)、パラチノース (B)、

リボフラビン（C）は、周波数（波長 λ の逆数）に対する透過率の変化 $S(\lambda)$ がそれぞれ異なっており、テラヘルツ波の吸収に波長依存性を示している。本発明ではこのような波長依存性を示す物質をターゲットとする。

5 まず、本発明の原理を説明する。

最も簡単な例として、波長依存性を示す2つの物質A、Bの濃度がそれぞれ P_A 、 P_B であり、物質Aの波長 λ_1 、 λ_2 に対する透過率がそれぞれ $S_A(\lambda_1)$ 、 $S_A(\lambda_2)$ 、物質Bの波長 λ_1 、 λ_2 に対する透過率がそれぞれ $S_B(\lambda_1)$ 、 $S_B(\lambda_2)$ であるとする。この場合、波長 λ_1 、 λ_2 の透過光の吸光度 I_1 、 I_2 は
10 式（3）（4）で示される。

$$I_1 = S_A(\lambda_1) P_A + S_B(\lambda_1) P_B \cdots (3)$$

$$I_2 = S_A(\lambda_2) P_A + S_B(\lambda_2) P_B \cdots (4)$$

式（3）（4）において、透過光の吸光度 I_1 、 I_2 、 $S_A(\lambda_1)$ 、 $S_A(\lambda_2)$ 、 $S_B(\lambda_1)$ 、 $S_B(\lambda_2)$ が既知であれば、上記連立方程式を解くことにより、
15 2つの物質A、Bの濃度 P_A 、 P_B を求めることができる。

同様に、M個の物質の濃度 P の二次元分布が行列 $[P]$ であり、各物質のN個の異なる波長（又は周波数）に対する吸光度 S のスペクトルが行列 $[S]$ であり、各波長（又は周波数）に対する透過光の吸光度 I の二次元分布が行列 $[I]$ であるとする、式（5）が成り立つ。

$$20 \quad [I] = [S] [P] \cdots (5)$$

この場合、N個の周波数のテラヘルツ波で観測された画像は、式（6）のような線形行列式で表すことができる。

【数1】

$$\begin{bmatrix} I(1,1) & \cdots & I(1,L) \\ \vdots & & \vdots \\ I(N,1) & \cdots & I(N,L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S(1,1) & \cdots & S(1,M) \\ \vdots & & \vdots \\ S(N,1) & \cdots & S(N,M) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P(1,1) & \cdots & P(1,L) \\ \vdots & & \vdots \\ P(M,1) & \cdots & P(M,L) \end{bmatrix} \quad (6)$$

25 ここで $[I]$ は観測画像を1次元的に並べ直した行ベクトル $I(f_1)$ 、 $I(f_2)$ 、... $I(f_N)$ を縦に並べた行列、 $[S]$ は各物質のスペクトルを横に並べた行列、 $[P]$ は各物質パターンをベクトル表記 P_1 、 P_2 、... P_M を縦に並べた

行列である。ここでLは画像のサイズである。

式(6)において、行列[S]と[I]が既知であれば、式(6)から[P]を求めることができる。

すなわち、N=Mの場合、式 $[P] = [S]^{-1} [I]$ により、ターゲット濃度
5 Pの二次元分布[P]を算出することができる。また、N>Mの場合、式 $[I] = [S] [P]$ から、最小2乗法によりターゲット濃度Pの二次元分布[P]を算出すると式(7)となる。

【数2】

$$[P] = ([S]^T [S])^{-1} [S]^T [I] \quad \dots (7)$$

10

【実施例】

以下、本発明の実施例を説明する。

ターゲット物質として、図4に示したパラチノースと5-アスピリンを選択し、
5枚の試験片(ペレット)を作成した。5枚のペレットは、ポリエチレン粉末に
15 混ぜてパラチノース濃度が50%、40%、20%の3種類と、5-アスピリン濃度が50%、20%の2種類を用意した。各ペレットの厚さと重さは、同一であり、それぞれ1mm、0.2gである。5枚の試験片は、図5に示す配置で薄いプラスチック板に両面テープで張り付け、本発明の被対象物10とした。

濃度50%のペレットを用いて、約1~3THzのテラヘルツ波領域において、
20 波長(周波数)と吸光度Sの関係スペクトル[S]を計測しコンピュータのメモリに記憶させた。このテラヘルツ分光特性は、図4と同様である。

次に、図3に示した装置を用い、1.2~2.0THzのテラヘルツ波を被対象物10にそれぞれ二次元的に走査し、被対象物の吸光度Iの二次元分布[I]を計測してコンピュータのメモリに記憶させるとともに、画像表示装置20で画
25 像表示させた。

図6A~図6Iは、テラヘルツ波の周波数を変え、被対象物の透過像を撮像したものである。なおこれらの画像のスケールは、透過したテラヘルツ波の強度を入射強度で割った値の対数をとったものである。

1. 2、1. 3、1. 4、1. 5、1. 6、1. 7、1. 8、1. 9、2. 0 THz のテラヘルツ波で 5 枚の試験片（ペレット）の濃淡に違いがあるのがわかる。

図 7 A～図 7 D は、本発明の方法により、図 6 B～図 6 G の 6 枚の画像から各物質の濃度分布を求めた図である。ここで行列 [S] は、図 4 の分光データを使用した。また行列 [S] は、50% の濃度の薬品サンプルを用いて測定したので、得られた成分パターンに 50% を掛けて濃度を推定した。

図 7 A は 5-アスピリンの濃度分布、図 7 B はパラチノースの濃度分布、図 7 C は被対象物に含まれていないリボフラビンの濃度分布、図 7 D は波長依存性を示さない紙、プラスチック、等の濃度分布である。この図から、被対象物 10 を構成する各ペレットの成分に対応した濃度分布が得られていることがわかる。すなわち成分の違いが分離され、その濃度の違いも抽出されている。

上述した本発明の方法及び装置によれば、テラヘルツ波発生装置 12 により複数の異なる波長のテラヘルツ波 4 を発生させ、二次元走査装置 18 により波長のテラヘルツ波を被対象物 10 にそれぞれ二次元的に走査し、分光計測装置 14 により被対象物の吸光度 I の二次元分布 [I] を計測し、ターゲット濃度演算装置 16 により予め計測したターゲットの吸光度 S のスペクトル [S] と前記吸光度 I の二次元分布 [I] から画像分光によりターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を算出することができる。

従って、テラヘルツ波の吸収に波長依存性のあるターゲットが含まれた郵便物等を被対象物とすることにより、内在物の成分を開封することなく判別することができ、従来の X 線写真では判断できなかった内在物の異常性を検出することができる。

また、ターゲット濃度 P の二次元分布 [P] を二次元的に画像表示する画像表示装置 20 を備え、ターゲットの濃度 [P] を二次元的に画像表示することにより、被対象物 10 内に存在する波長依存性のあるターゲットの形状をその分布と共に二次元的に画像表示することができる。

上述したように、本発明は、異なる周波数のテラヘルツ波で計測された画像セットから、既知のテラヘルツ分光データを用い、化学薬品などの成分の違いを空

間パターンとして抽出するものであり、小包、封筒、不透明なプラスチック容器などに内部にある物質の成分パターンを分離し、その濃度を調べることができる。

- 従って、本発明のテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法及び装置は、従来のX線写真では判断できなかった内在物の成分を、形状と共に、開封することなく、判別することができる、等の優れた効果を有する。
- 5

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

請求の範囲

1. 約 1 ～ 3 THz のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長に対するターゲットの吸光度 S のスペクトル $[S]$ を予め計測する分光スペクトル計測
5 ステップと、
被対象物に前記各波長のテラヘルツ波を照射して、被対象物の吸光度 I を計測する被対象物分光計測ステップとを有し、
前記吸光度 S のスペクトル $[S]$ と被対象物の吸光度 I のスペクトル $[I]$ から、対象物の成分の有無を判別する、ことを特徴とするテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別方法。
10
2. 前記吸光度 S のスペクトル $[S]$ と被対象物の吸光度 I のスペクトル $[I]$ から、ターゲット濃度 $[P]$ を算出する濃度算出ステップを有する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のターゲット判別方法。
3. 前記被対象物分光計測ステップにおいて、被対象物にテラヘルツ波を二
15 次元的に走査して透過光の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測し、
前記濃度算出ステップにおいて、ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出する、ことを特徴とする請求項 2 に記載のターゲット判別方法。
4. 前記ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を二次元的に画像表示する、ことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のターゲット判別方法。
20
5. ターゲットの個数 M に対して、 M 以上の N 種の異なる波長のテラヘルツ波を使用し、
 $N=M$ の場合、式 $[P] = [S]^{-1} [I]$ により、ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出し、
 $N>M$ の場合、式 $[I] = [S] [P]$ から、最小 2 乗法によりターゲット濃度
25 P の二次元分布 $[P]$ を算出する、ことを特徴とする請求項 2 乃至 4 に記載のターゲット判別方法。
6. 約 1 ～ 3 THz のテラヘルツ波領域において、複数の異なる波長のテラヘルツ波 (4) を発生させるテラヘルツ波発生装置 (12) と、該各波長のテラヘルツ波を被対象物 (10) にそれぞれ二次元的に走査する二次元走査装置 (1

- 8) と、被対象物の吸光度 I の二次元分布 $[I]$ を計測する分光計測装置 (14) と、予め計測したターゲットの吸光度 S のスペクトル $[S]$ と前記吸光度 I の二次元分布 $[I]$ からターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を算出するターゲット濃度演算装置 (16) とを備えた、ことを特徴とするテラヘルツ波分光計測によるターゲット判別装置。
- 5

7. ターゲット濃度 P の二次元分布 $[P]$ を二次元的に画像表示する画像表示装置 (20) を備える、ことを特徴とする請求項 6 に記載のターゲット判別装置。

1/5

図1

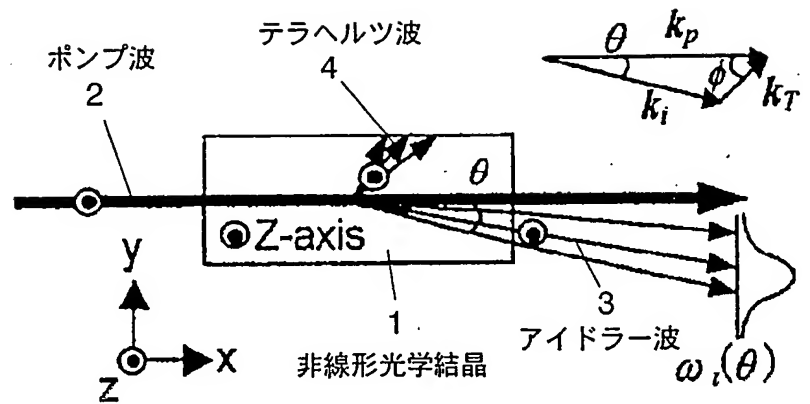
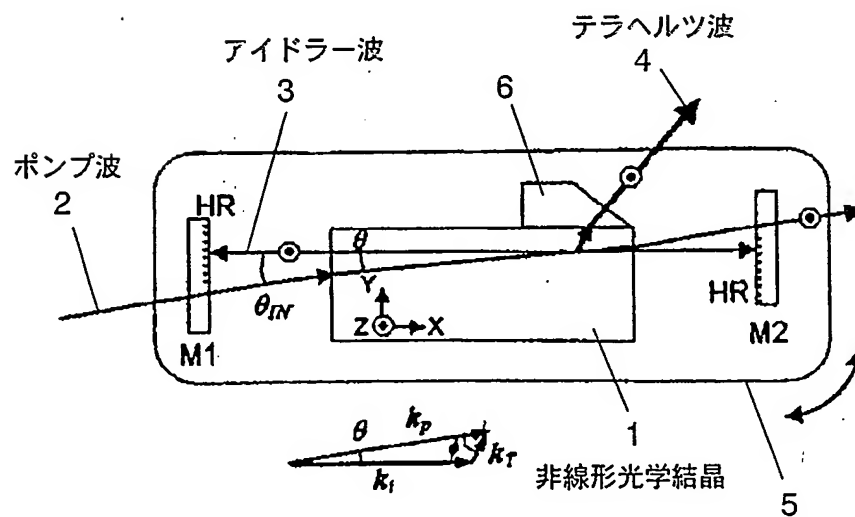
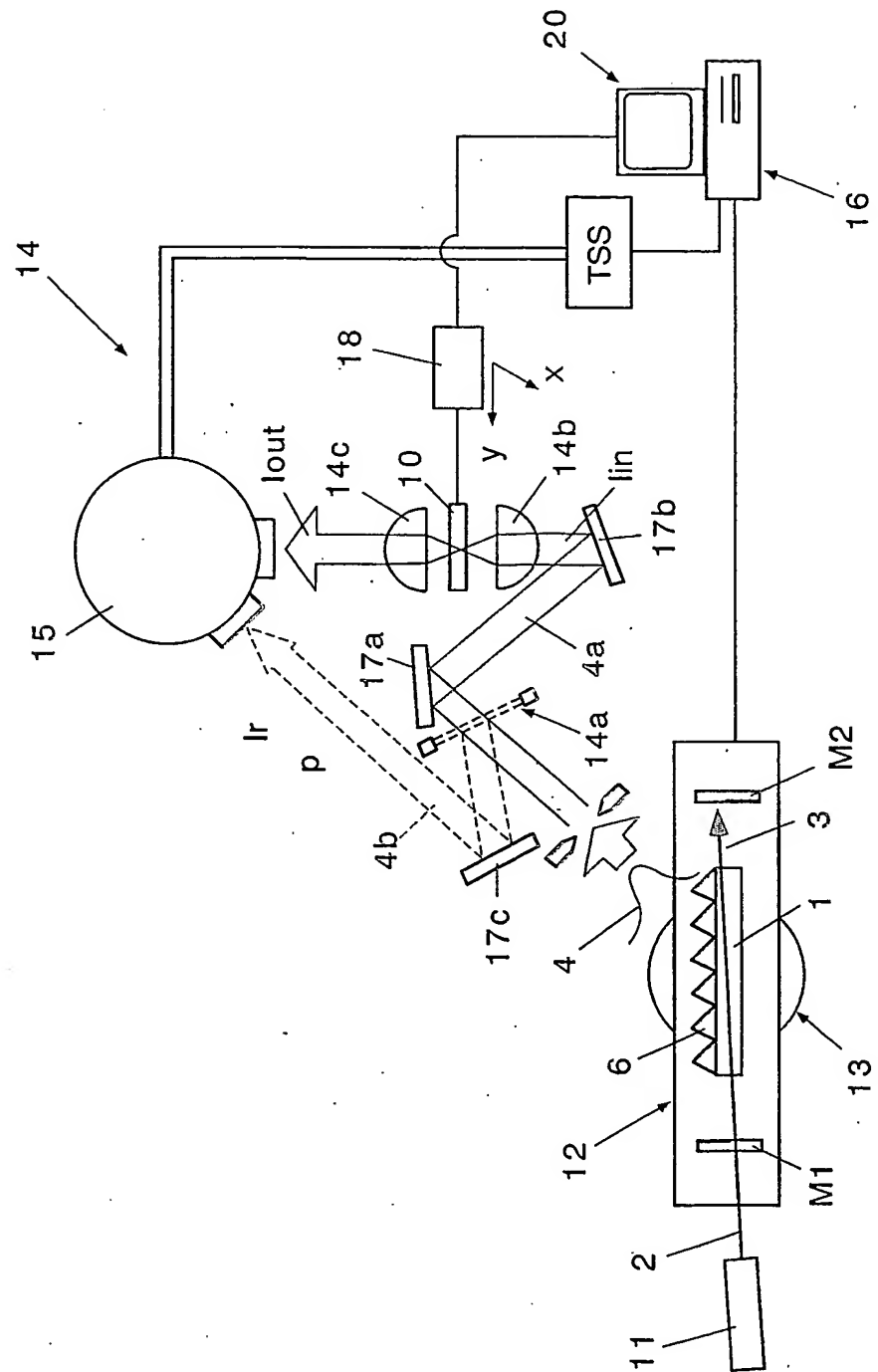


図2



2/5

図3



3/5

図4

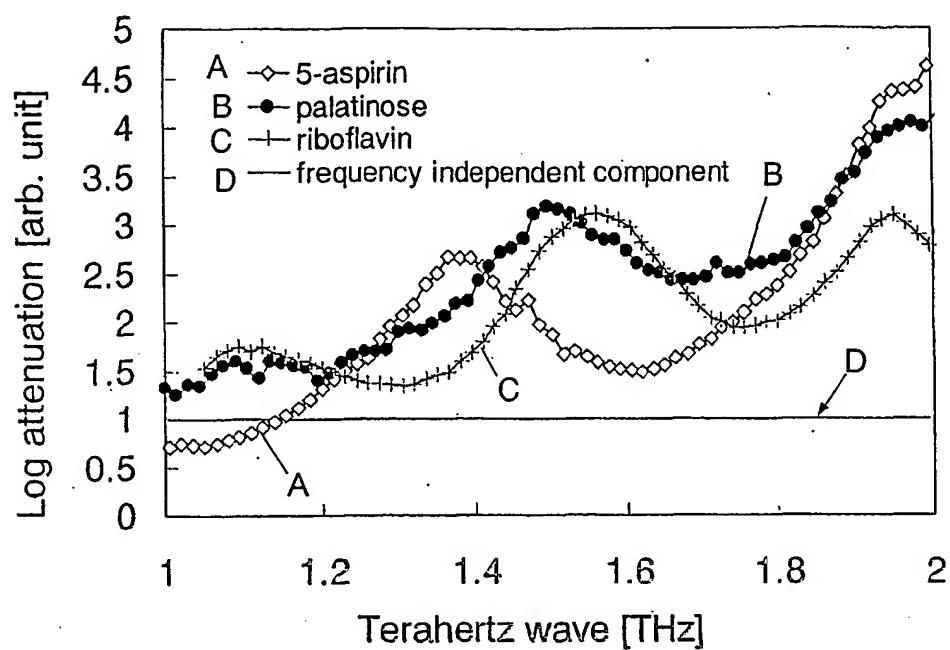


図5

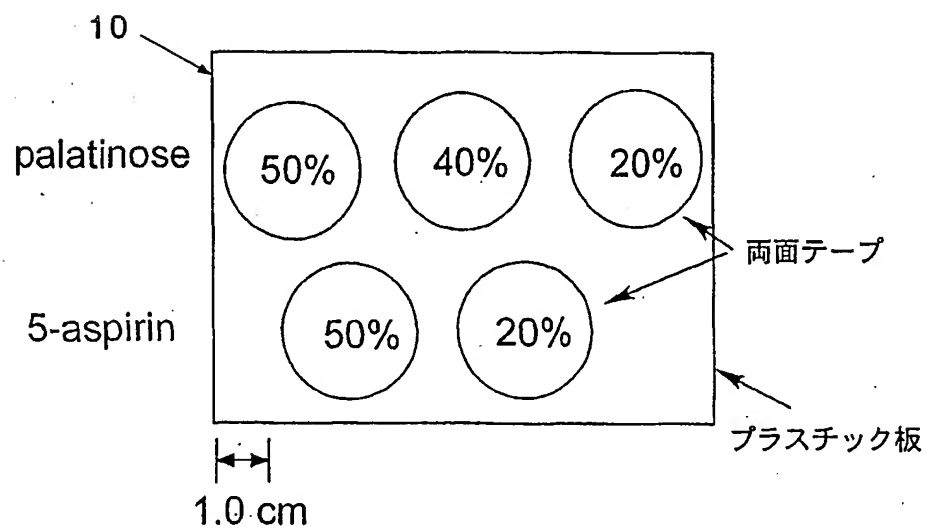
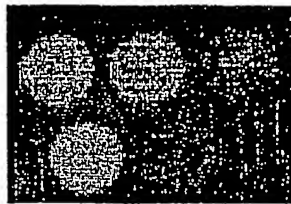


図6A



1.2 THz

図6B



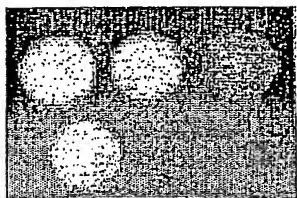
1.3 THz

図6C



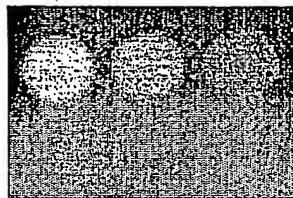
1.4 THz

図6D



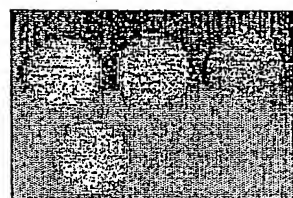
1.5 THz

図6E



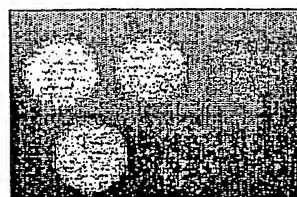
1.6 THz

図6F



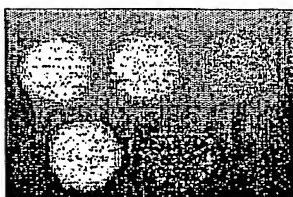
1.7 THz

図6G



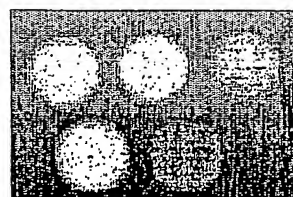
1.8 THz

図6H

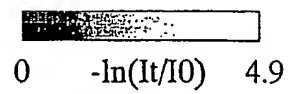


1.9 THz

図6I



2.0 THz



5/5

図7A

5-アスピリン

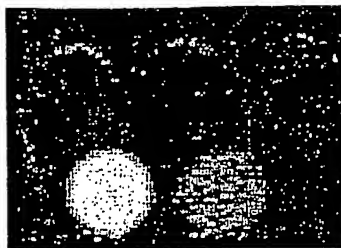


図7B

パラチノース

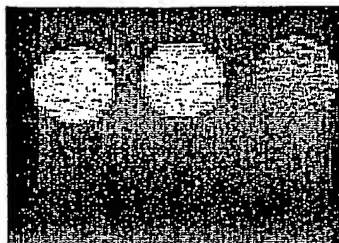


図7C

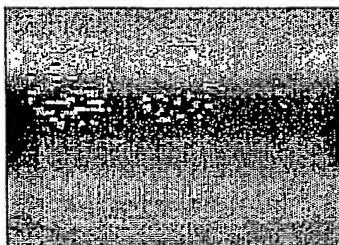
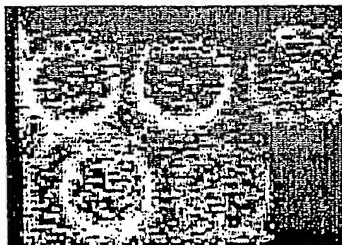


図7D



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G01N21/35

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G01N21/00-21/61

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS), IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 5939721 A (Lucent Technologies Inc.) 1999.08.17 第5欄第22行-第6欄第40行, 第9欄第25行-第11欄第34行, 第1-3, 7-10図 & EP 841548 A & JP 10-153547 A	1-4, 6-7 5
Y	WO 97/46963 A (THE PERKIN-ELMER CORPORATION) 1997.12.11 明細書第7頁第24行-第9頁第18行 & US 6015667 A & EP 0897568 A & JP 2000-503774 A	5
Y	JP 1-242941 A (笹木敬司) 1989.09.27 第2頁右上欄第8行-右下欄第15行 (ファミリーなし)	5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.04.2004

国際調査報告の発送日

20.4.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
高場 正光

2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 5 6 2 3 1 4 5 A (Lucent Technologies Inc.) 1997.08.22 全文, 第1-8図 & JP 8-320254 A & EP 727671 A	1

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**